

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2000/2001

Februari/Mac 2001

ZSC 546/4 - Peranti-Peranti Semikonduktor

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab mana-mana EMPAT soalan. Kesemuanya wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Dengan merujuk kepada simpang p-n, jelaskan bagaimana keupayaan sentuh dan kapasitan kesusutan terhasil.

(20/100)

- (b) Jumlah ketumpatan arus songsangan (J_R) dan ketumpatan arus depan (J_F) bagi suatu simpang p⁺-n dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$J_R \simeq q \sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}} \frac{n_i^2}{N_D} + \frac{qn_i w}{\tau_g}$$

$$J_F \simeq q \sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}} \frac{n_i^2}{N_D} e^{qV/kT} + \frac{qwn_i}{2\tau_r} e^{qV/2kT}$$

di mana simbol-simbol membawa makna biasa.

- (i) Nyatakan apakah proses angkutan pembawa yang terlibat bagi setiap komponen arus dalam persamaan di atas.

(10/100)

... 2/-

- (ii) Bagaimanakah nilai n_i bagi bahan semikonduktor yang berlainan menentukan komponen ketumpatan arus yang lebih berpengaruh dalam J_R dan kesannya keatas ciri I-V peranti jika dibandingkan dengan persamaan diod unggul. (10/100)
- (iii) Bagi J_F , lakarkan lengkok tipikal $I_F - V_F$ (dalam sekil log-linear) dari eksperimen untuk bahan Si pada suhu bilik dan tunjukkan bahagian-bahagian di mana komponen-komponen arus tertentu lebih berpengaruh dari yang lain. (10/100)
- (iv) Jelaskan mengapa pada keadaan cucukan tinggi, lengkok $I_F - V_F$ dari bahagian (iii) menyimpang dari lengkok yang biasa bagi suatu peranti p-n. (10/100)
- (c) Anggarkan magnitud arus rekombinasi pada suhu bilik bagi suatu diod silikon p^+-n dengan $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dan luas keratan rentas 10^{-3} cm^2 yang dipincang pada $V = 0.6$ volt. Ambil masa hayat generasi-rekombinasi sebagai 10^{-6} saat.

$$\left[\frac{kT}{q} = 0.026 \text{ V pada } 300\text{K}, \quad n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}, \right.$$

$$\left. \epsilon_s = 11.9 \times 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}, \quad q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \right]$$

(40/100)

2. (a) Perihalkan kesan-kesan berikut terhadap ciri I-V suatu transistor dwikutub:

- (i) modulasi lebar tapak
(ii) arus generasi-rekombinasi

(20/100)

- (b) Dengan bantuan gambarajah litar yang sesuai, bincangkan mengenai sambutan frekuensi isyarat kecil bagi suatu transistor dwikutub.

Tunjukkan juga bagaimana masa singgah pembawa dalam tapak memainkan peranan penting bagi operasi transistor kelajuan tinggi.

(40/100)

- (c) Suatu transistor dwikutub Si npn mempunyai pendopan tapak 10^{16} cm^{-3} . Jika pekali resapan elektron dalam tapak ialah $10 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ dan masa hayat elektron 10^{-6} s , kira lebar tapak yang diperlukan supaya faktor angkutan tapak adalah 0.997. Seterusnya bincangkan dengan ringkas peranan lebar tapak dalam rekabentuk transistor ini.

(ambil faktor angkutan tapak: $\alpha_T = 1 - \frac{W^2}{2L_n}$)

(40/100)

3. (a) Dengan bantuan gambarajah skematik, perihalkan struktur dan operasi asas suatu JFET terusan-n serta tunjukkan ciri I-V yang dihasilkan dengan kawasan-kawasan operasi yang penting.

(30/100)

- (b) Untuk suatu MOS unggul dalam keadaan mod songsangan,

- (i) lakarkan gambarajah skematik bagi jalur tenaga, taburan cas dan taburan keupayaan merentasi struktur peranti.

(15/100)

- (ii) tunjukkan bahawa ketumpatan cas dalam semikonduktor adalah:

$$Q_s = -(4q\epsilon_s N_A \psi_B)^{1/2}$$

di mana ψ_B ditakrifkan oleh $N_A = n_i e^{q\psi_B/kT}$ dan N_A kepekatan pendopan semikonduktor.

(20/100)

- (iii) terbitkan formula bagi menentukan voltan ambang peranti.

(10/100)

- (c) Suatu MOS pada suhu 300K mempunyai kepekatan pendopan $N_A = 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dan ketebalan oksida 500 \AA . Jika perbezaan fungsi kerja bagi sistem ialah $\phi = -1.13 \text{ eV}$, kira

- (i) voltan ambang peranti (anggap tidak ada cas dalam oksida)

(10/100)

- (ii) voltan ambang peranti jika cas oksida 10^{11} cm^{-2}

$$[\epsilon_s = 11.7, \epsilon_{ox} = 3.9, \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-14} \text{ F.cm}^{-2}]$$

(15/100)

... 4/-

4. (a) (i) Dengan bantuan gambarajah skematik jalur tenaga, tunjukkan bagaimana proses pancaran cahaya berlaku dalam LED. (10/100)
- (ii) Nyatakan secara ringkas kriteria penting pemilihan bahan semikonduktor untuk pembuatan LED. Seterusnya, bincangkan bagaimana pembinaan LED dapat menghasilkan output optikal yang tinggi. (30/100)
- (b) Dengan bantuan gambarajah skematik, jelaskan bagaimana kurungan optikal dalam suatu struktur laser semikonduktor dapat memandu rambatan pancaran elektromagnet dalam arah yang diperlukan. (30/100)
- (c) Jika faktor kurungan suatu laser semikonduktor dapat dinyatakan oleh ungkapan:

$$\Gamma = \frac{1}{g} \left(\alpha - \frac{\ell n R}{L} \right), \text{ di mana simbol-simbol membawa makna biasa,}$$

anggarkan panjang rongga (cavity) laser tersebut dalam sebutan R bilamana kehilangan disebabkan penyerapan dan pembalikan adalah sama banyak (kehilangan penyerapan dalam rongga dinyatakan oleh pekali penyerapan = 20 cm^{-1}). Seterusnya, tentukan keadaan ambang panjang rongga bagi kes laser ini.

(30/100)

5. (a) Penghasilan isyarat mikrogelombang memerlukan ciri peranti dengan impedan negatif. Perihalkan bagaimana ciri tersebut dijanakan dalam suatu struktur diod simpang p-n. (30/100)
- (b) Jelaskan prinsip operasi bagi diod IMPATT dan bandingkan performans peranti ini terhadap peranti mikrogelombang yang lain dari segi kuasa output dan hingar. (30/100)
- (c) Dengan menggunakan persamaan Poisson, persamaan keselantaran dan takrifan ketumpatan arus, tunjukkan bahawa pemalar masa kenaikan ketumpatan cas ruang bagi semikonduktor yang mempunyai sifat rintangan pembezaan negatif adalah diberi oleh:

$$\tau = \frac{\epsilon_s}{qn_o \mu}$$

di mana simbol-simbol membawa makna biasa.

(40/100)